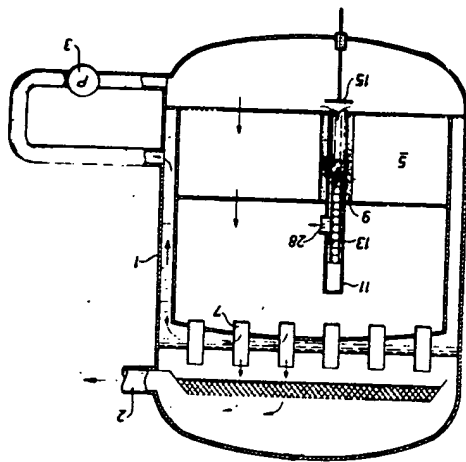
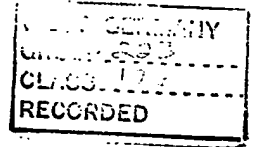


<p>38939S-K, K5. ATOM26-09-69. SW-013279, S23. Atomenerg AB. *DT-2047253-Q. ma. G21c (03-06-71)... FORCED CIRCULATION LIQUID COOLED NUCLEAR REACTOR..</p>	<p>K5-B6. 1 21</p>
<p><u>NEW</u> Forced circulation liquid cooled nuclear reactor built up of fuel elements into a core in which the coolant up flows. At least one pipe is vertically connected to the core with a gap at its lower end into which the coolant is projected. This pipe includes at least one rod of neutron absorbent which can move freely within it and takes up a position dependent on the pressure drop on the pipe resulting from the coolant circulation. This pipe is integral with the fuel element giving unified assembly in the core.</p> <p><u>USE</u> Safety device, for forced circulation cooled reactor, providing automatic reactivity control.</p> <p><u>ADVANTAGES</u> Fail safe automatic control of reactivity with automatic</p>	<p>reduction in case of coolant supply failure.</p> <p><u>DETAILS</u> The conc. may be subdivided into a detachable top section and a lower section, integral with the fuel element. The upper section is then in the form of an inverted funnel into which the top of the lower section fits in a spigot joint. At approx. the middle of the pipe and above the core there is a bleed part with an adjustable throat to set the position of the float on the pipe. In addition there may be an adjustable outlet at the top of the pipe and/or an adjustable inlet at the bottom end of the pipe. Instead of a single float, or neutron absorbent material a number of smaller bodies may be used one of them being enlarged to provide braking action. A latch mechanism may be fitted in the upper section of the pipe so that the float may be retained in it for removal.</p>

Contd 38939S

389395





Offenlegungsschrift **2 047 253**

Aktenzeichen: P 20 47 253.1
Anmeldetag: 25. September 1970
Offenlegungstag: 3. Juni 1971

Ausstellungspriorität: —

Unionspriorität
Datum: 26. September 1969
Land: Schweden
Aktenzeichen: 13279-69

Bezeichnung: Kernreaktor

Zusatz zu: —

Ausscheidung aus: —

Anmelder: Aktiebolaget Atomenergi, Stockholm

Vertreter: Willrath, H.-H., Dr.; Weber, D., Dipl.-Chem. Dr. rer. nat.;
Patentanwälte, 6200 Wiesbaden

Als Erfinder benannt: Margen, Peter Heinrich Erwin, Täby (Schweden)

Benachrichtigung gemäß Art. 7 § 1 Abs. 2 Nr. 1 d. Ges. v. 4. 9. 1967 (BGBl. I S. 960): —

DT 2047 253

Margen

Dr. Hans-Heinrich Willrath
Dr. Dieter Weber
PATENTANWÄLTE
Telegrammadresse: WILLPATENT
Postscheck: Frankfurt/Main 67 63
Bank: Dresdner Bank AG., Wiesbaden
Konto Nr. 276 807

2047253
D - 62 WIESBADEN 14. Sep. 1970
Postfach 1327 V/H
Gustav-Freytag-Straße 25
Telefon (0 61 21) 37 27 20
AEP 661

Aktiebolaget Atomenergi
Liljeholmsvägen 32
Stockholm / Schweden

Kernreaktor

Priorität: 26. September 1969
aufgrund der schwe-
dischen Patentan-
meldung Nr. 13279/69

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Kernreaktor, der mit einer Reaktivitätssteuereinrichtung neuer Art ausgestattet ist.

In Kernreaktoren, bei denen das Kühlmittel durch den Reaktorkern oder -core vermittelt Pumpen oder dergleichen zum Fließen gebracht wird, ist eine unmittelbare Erniedrigung der Reaktivität des Reaktors für den Fall einer reduzierten oder unterbrochenen Kühlung erforderlich, so daß der Temperaturanstieg im Reaktor nicht zu groß wird. Um dieses Erniedrigen der Reaktivität zu erhalten, verwendet man im allgemeinen eine Vorrichtung zur Übertragung von Impulsen oder Signalen z.B. von den Pumpen, dem Kühlmittelfluß oder dergleichen, wobei die Vorrichtung einen Mechanismus betä-

109823/1116

tigt, der die Einführung von Neutronenabsorbern in das core zur Erniedrigung der Reaktivität bewirkt. Diese Anordnung hängt einerseits von dem Zustand ab, in dem das System jeweils in Fall von Zirkulationsstörungen arbeitet, auf der anderen Seite von der Bedingung, daß ohne einen geeigneten Grund kein Abschalten oder Abbrechen (scram) stattfindet, was einen gewissen Zeitaufwand und teure Abschaltperioden bewirken würde.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung einer Reaktivitätssteuereinrichtung, die einfach und im Betrieb zweckmäßig ist, einen kleinen Raum erfordert und unabhängig von Impulsübertragungsmitteln arbeitet. Die Vorrichtung gemäß der Erfindung basiert auf einer früher entwickelten Anordnung und verwendet im Reaktorcore angeordnete Rohre, die sich nach oben um einen Abstand über das Reaktorcore erstrecken, wobei die Rohre Neutronenabsorbierende Körper enthalten, die frei darin bewegbar sind, wobei man die Rohre vermittels nach oben fließenden Kühlmittels im Hinblick auf die verstärkte Zirkulation im Reaktorkessel hindurchschießen läßt. Die vorliegende Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Rohre mit den Brennelementen so angeordnet sind, daß sie ein gleichzeitiges Ersetzen des Rohres und des Brennelementes erlaubende Einheiten bilden. Eine solche angeordnete Einheit besteht in geeigneter Weise aus einem Brennelement und einem Rohr für Neutronen absorbierende Körper.

Bei einer besonders geeigneten Ausführungsform ist das Rohr unmittelbar über dem Reaktorcore in die Ausbildung eines getrennten oberen Abschnittes teilbar, der vom unteren am Brennelement angebrachten Abschnitt entfernbar ist. Dieser obere Abschnitt kann trichterförmig sein und aufgeweitet oder am unteren Ende so erweitert sein, daß er über das obere Ende des unteren Abschnittes von oben nach unten bewegt werden kann. In Verbindung mit dieser Ausführungsform können verschiedene obere Abschnitte zu einer Anordnung^u verbunden werden, wobei gewisse Rohrabschnitte gleichzeitig vom Reaktortank entfernbar sind.

Um die notwendige Anhebekraft für die Neutronen absorbierenden Körper im Rohr im Hinblick auf die verstärkte Zirkulation im Reaktortank vorzusehen, können am unteren Ende des Rohres Eindämmungen angeordnet sein, etwa in der Mitte zur Verbindung mit einem Auslaßdurchgang und/oder am oberen Ende des Rohres, das offen ist.

Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung im Zusammenhang mit den Zeichnungen.

Es zeigen:

Fig. 1 Schematisch den Vertikalschnitt durch einen die erfindungsgemäße Anordnung aufweisenden Kernreaktor,

Fig. 2 die ausführliche Ansicht einer bevorzugten Ausführungsform der Einheit des Brennelementführungsrohres gemäß der Erfindung,

Fig. 3a und 3b verschiedene Ausführungsformen für die Steuerung der Stellung der Neutronenabsorptionskörper im Führungsrohr,

Fig. 4 schematisch eine Teilansicht einer Anordnung, bei der verschiedene Führungsrohre zu einer Einheit mit einer gemeinsamen Steuereinrichtung verbunden sind,

Fig. 5 schematisch eine Detailansicht einer Anordnung mit einem Neutronenabsorptionsbremskörper und

Fig. 6 schematisch eine Ausführungsform mit einer Klinke oder einem Anschlag zum Festhalten der Neutronenabsorptionskörper im oberen Abschnitt des Führungsrohres.

Fig. 1 zeigt schematisch eine Gesamtansicht eines Kernreaktors mit dem Erfindungsgedanken. Der Kernreaktor weist einen Drucktank 1 mit einem Reaktorkern 5 (oder core 5) auf, das in üblicher Weise aus Brennelementen 9 aufgebaut ist. Der Kernreaktor arbeitet mit einem Kühlmittel mit Zwangszirkulation, was in Fig. 1 mit den Teilen dargestellt ist, und das Kühlmittel wird vermittels einer Pumpe 3 zur Zirkulation gebracht. Im oberen Teil des Reaktortanks 1 sind Dampfseparatoren 7 angeordnet, und der erzeugte Dampf wird oben durch die Leitung 2 freigegeben.

der
Jedes/das Reaktorteil 5 bildenden Brennelemente 9 ist mit einem Führungsrohr 11 verbunden, das in der in Fig. 1 gezeig-

ten Ausführungsform mit einem Auslaßdurchgang 28 unmittelbar über dem Reaktorkern versehen ist. Das obere Ende des Führungsrohres 11 ist geschlossen, und der in Verbindung mit dem Einlaßende des Führungsrohres 11 stehende Einlaßdurchgang wird vermittels einer variablen Eindämmvorrichtung 15 in der Form eines geeigneten Ventiles gesteuert. In dem Führungsrohr 11 ist eine Anzahl Neutronen absorbierender Körper 13 frei beweglich angeordnet. Diese Körper können aus Borstahlkugeln oder Körper anderer Neutronen absorbierender Materialien, die dem Fachmann bekannt sind, bestehen.

Bei der normalen Kühlzirkulation, z.B. nach oben durch das Reaktorcore 5, werden die Neutronen absorbierenden Körper 13 im oberen Abschnitt des Rohres gehalten oder werden bei einem gewünschten Niveau im Rohr vermittels einer geeigneten Einstellung des Steuerventiles 15 und durch den Fluß durch das Rohr 11 vermittels des Druckabfalls über das Rohr gehalten. Bei reduzierter oder vollständig unterbrochener Kühlzirkulation wird der Druckabfall über das Rohr 11 reduziert oder abgebrochen, woraufhin die Absorptionskörper 13 in den unteren Abschnitt des innerhalb des Reaktorcores 5 angeordneten Rohres 11 abgesenkt werden, wobei der Reaktor abgeschaltet wird. Wenn es erwünscht ist, den Kernreaktor mit verbleibender Kühlung abzuschalten, ist es nur notwendig, das Steuerventil 15 zu schließen. Der Vorteil der oben beschriebenen Reaktivitätssteueranordnung ist offensichtlich. Die Anordnung arbeitet in geeigneter Weise, da sie direkt auf

Fehler des Kühlfusses unabhängig von den Impulsübertragungsmitteln anspricht. Ferner führt die Anordnung zur Raumerparnis, da sie zu einer reduzierten Zahl von Durchlässen im Reaktortank führt. Desweiteren führt die Vorrichtung zu dem Vorteil, daß man leicht für die Inspektion und Reparatur in Verbindung mit dem Entfernen der Brennelemente 9 vom Reaktorkessel Zugang zu den Führungsrohren 11 hat, da die oben genannten Arbeiten in regelmäßigen Abständen in Verbindung mit dem Brennstoffersetzen durchgeführt werden.

Fig. 2 zeigt schematisch die Detailansicht eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Einheit Brennelement-Führungsrohr. Bei dieser Vorrichtung ist das Führungsrohr 11 in einem unteren Abschnitt 11a aufgeteilt, der integral mit einem Brennelement 9 verbunden ist, und einen oberen Abschnitt 11b, der vom unteren Abschnitt 11a anhebbar oder entfernbar ist. Der obere Abschnitt 11b des Führungsrohres ist mit einem trichterförmigen aufgeweiteten Teil 19 am unteren Ende versehen, wodurch das Anbringen des Abschnittes 11b am oberen Ende des Abschnittes 11a möglich ist.

Bei der in Fig. 2 gezeigten Anordnung sind verschiedene Brennelemente-Führungsrohre zu einer Einheit mit einem gemeinsamen Einlaßrohr 25 für die gleichzeitige Zufuhr des Kühlmittels zu den verschiedenen Brennelementen verbunden. Die Brennelementanordnung ist in sogenannten Abstandshaltern 21 angebracht, um den Abstand zwischen den Brennelementen zu definieren. Das ge-

meinsame Rohr 25 ist mit sich nach oben erstreckenden Zweigrohren 24 versehen, die trichterförmige Verbindungsmittel 23 für die Verbindung zu den Führungsrohren 11 haben.

Die obere Abschnitte 11b der Führungsrohre 11 sind mit einer Anordnung verbunden, die in einem Halter oder Abstandshalter 17 angebracht ist, wobei der Abstandshalter als Greifer für das Anheben der Rohranordnung nützlich ist. In Verbindung mit dem Anheben der oberen Rohrabschnitte 11b sind die Neutronen absorbierenden Körper 13 in geeigneter Weise innerhalb der Corebereiche angeordnet, wodurch sie in den unteren Rohrabschnitten 11a verbleiben. Wenn es erwünscht ist, kann die Brennelementanordnung, welche die verbleibenden unteren Abschnitte 11a der Führungsrohre aufweist, vom Reaktortank hochgehoben werden, und dann können die Neutronen absorbierenden Körper 13 durch Drehen der Brennelemente seitlich nach unten für die Steuerung oder zum Ersetzen entladen werden. Dieses Entladen oder Herausnehmen der absorbierenden Körper wird in geeigneter Weise in einem wassergefüllten Behälter ausgeführt, um die Strahlungsgefahren zu reduzieren. Bei der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform wird die Kontrolle bzw. Steuerung der Position der Neutronen absorbierenden Körper 13 in den Führungsrohren 11 durch Beschränken des Einlaßdurchganges vermittels eines Beschränkungsmittels 27 ausgeführt. Im Hinblick auf die Tatsache, daß die Führungsrohre 11 mit Entladedurchgängen 28 unmittelbar über dem Reaktorcore versehen sind, können die absorbierenden Körper 13 in jede sta-

bile Zwischenposition in den Führungsrohren 11 gebracht werden.

Die Fig. 3a und 3b zeigen alternative Ausführungsformen, um die Position der absorbierenden Körper 13 in dem Führungsrohr 11 zu steuern. Bei Fig. 3a links wird diese Steuerung durch Verwendung einer Beschränkungseinrichtung 29 in Verbindung mit dem Auslaßdurchgang 28 über dem Reaktorcore aufgeführt. Bei dieser Ausführungsform wird das Führungsrohr 11 am oberen Ende geschlossen. Bei Fig. 3b rechts in der Zeichnung wird die Steuerung der Position der absorbierenden Körper 13 im Führungsrohr 11 durch Beschränken des Auslaßdurchganges durchgeführt, der am oberen Ende des Rohres angeordnet ist, und zwar durch die Beschränkung oder Eindämmungseinrichtung 31. Selbstverständlich ist es für die Endjustierung der Position der Körper 13 möglich, eine Beschränkungs- oder Eindämmungseinrichtung in Verbindung mit dem Auslaßdurchgang 28 zusätzlich zur Steuerung am oberen Ende zu verwenden.

Fig. 4 zeigt schematisch eine Vorrichtung zur individuellen Steuerung der Einlaßdurchgänge der drei Führungsrohre 11 mit einem gemeinsamen hydraulischen System. Die Steuerventile weisen einen Zylinder 37 und einen federbelasteten Kolben 35 darin auf. Diese Steuerzylinder werden von einem gemeinsamen Zylinder 43 mit einem Kolben 41 betrieben. Diese gemeinsame Antriebseinrichtung kann von außen vermittlels eines Durchlasses 45 im Reaktorkern 1 betätigt werden. Dieser Durchlaß

45 muß nicht mechanisch sein, und das Manövrieren kann vermittels eines elektrisch angetriebenen Ventiles mit einem elektrischen Durchlaß oder einem Magnetventil ausgeführt werden.

Fig. 5 zeigt schematisch den Ausschnitt aus einem Führungsrohr mit den Absorptionskörpern 13. Die dargestellte Ausführungsform hat einen Einlaßdurchgang am unteren Ende des Führungsrohres 11, der vermittels einer Eindämmeinrichtung 47 gesteuert wird, und einen Auslaßdurchgang 28, der unmittelbar oberhalb des Reaktorcores angeordnet ist. Das kennzeichnende Merkmal dieser Ausführungsform besteht in der Verwendung eines vergrößerten absorbierenden Körpers 13a, der nur einen kleinen offenen Spalt für den Durchgang des Kühlmittels zwischen dem absorbierenden Körper und dem Führungsrohr bildet. Das Führungsrohr 11 ist am oberen Ende geschlossen, wodurch die Absorptionskörper 13 im Falle schneller Wechsel im Kühlmittelfluß im Führungsrohr 11 sich nur langsam im Führungsrohr 11 auf Grund der Eindämmung bewegen können. Auf diese Weise sind schnelle Veränderungen der Reaktivität im Falle von Veränderungen im Fluß durch das Führungsrohr 11 vermieden. Somit wird die Arbeits- bzw. Betriebseigenschaft des Reaktors stabiler bleiben und die Energieerzeugung regelmäßiger.

In Fig. 6 ist eine Detailansicht des Verbindungspunktes zwischen dem unteren Abschnitt 11a und dem oberen Abschnitt 11b in einem teilbaren Führungsrohr gezeigt. Im Hinblick auf an-

dere Merkmale entspricht die Ausführungsform der in der Fig. 2 gezeigten. Bei dem erweiterten oberen Teil 19 des oberen Führungsrohrabschnittes 11b ist eine im allgemeinen mit 50 bezeichnete Klinkeneinrichtung angeordnet. Diese Einrichtung besteht aus einem bewegbaren Klinken- oder Anschlagelement 49, das in einem Gehäuse 51 eingefasst ist und in Eingriff mit einer Feder 53 steht. Links in Fig. 6 ist die Anordnung im Betrieb gezeigt mit angeordneten Führungsrohrsegmenten 11a und 11b.

Rechts in Fig. 6 ist der Zustand in Verbindung mit dem Anheben des oberen Führungsrohrabschnittes 11b aus dem Reaktortank heraus gezeigt. Die Absorptionskörper 13 werden anfangs in eine obere Position im Führungsrohr 11b gebracht, und dies ist einfach durch eine erzwungene Zirkulation des Kühlmittels durch das Führungsrohr 11 vorgesehen. Beim Halten der Absorptionskörper in dieser Position wird der obere Führungsrohrabschnitt 11b dann nach oben entfernt, wobei das Anschlagelement 49 unter dem Einfluß der Feder 53 sich unter die Absorptionskörper 13 erstreckt, wenn sie über das obere Ende des Führungsrohrabschnittes 11a angehoben sind. Der obere Abschnitt 11b kann dann zusammen mit den Absorptionskörpern 13 aus dem Reaktortank heraus angehoben und an einem geeigneten Ort durch Herausziehen des Anschlagelementes 49 geleert werden. Dies ist ein alternatives Verfahren zu dem in Verbindung mit Fig. 2 gezeigten, wo die Absorptionskörper 13 zusammen mit dem unteren Führungsrohrabschnitt 11a entfernt werden, das in Verbindung mit dem Brennelement 9 steht, und sie wer-

den durch Drehen des Brennelementes zur Seite nach unten entladen. Der Vorteil der in Fig. 6 gezeigten Ausführungsform besteht selbstverständlich in der Tatsache, daß die absorbierenden Körper 13, ohne Drehen der Brennelemente 9 zur Seite nach unten, angeordnet oder besorgt werden können.

Bei allen oben beschriebenen Ausführungsformen ist ein Führungsrohr mit einem Brennelement verbunden worden. Selbstverständlich hindert nicht die Anordnung eines Brennelementes und eine Mehrzahl von Führungsrohren, wenn dieses aus anderen Gründen erwünscht ist. Die Erfindung ist bei allen Kernreaktoren mit Zwangszirkulation unbeachtlich der Brennart und Reaktorausführung im Hinblick auf andere Eigenschaften anwendbar.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Kernreaktor mit einem Reaktorcore (5), das aus Brennelementen (9) aufgebaut ist, wobei das Kore durch erzwungene Zirkulation eines Kühlmittels gekühlt wird, das nach oben durch das Reaktorcore fließt, wobei zumindest ein Rohr (11) in Verbindung mit dem Kore angeordnet ist, das sich nach oben um einen Abstand über dem Kore erstreckt und vermittels des Kühlmittels hindurch geschossen wird, wobei das Rohr zumindest einen Neutronen absorbierenden Körper (13) aufweist, der frei beweglich in dem Rohr ist und eine Position darin in Abhängigkeit vom Druckabfall über dem Rohr (11) einnimmt, der durch die Zirkulation des Kühlmediums erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohr (11) mit dem Brennelement (9) zu einer Einheit angeordnet ist, welche ein gleichzeitiges Ersetzen des Kores und des Brennelementes gestattet.

2. Kernreaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohr (11) unmittelbar über dem Reaktorcore zur Bildung eines getrennten oberen Abschnittes (11b) teilbar ist, der aus dem unteren Abschnitt (11a), der an Brennelemente angebracht ist, entfernbar ist.

3. Kernreaktor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der obere Abschnitt (11b) trichterförmig ist und am unteren Ende derart erweitert (19) ist, daß er nach unten

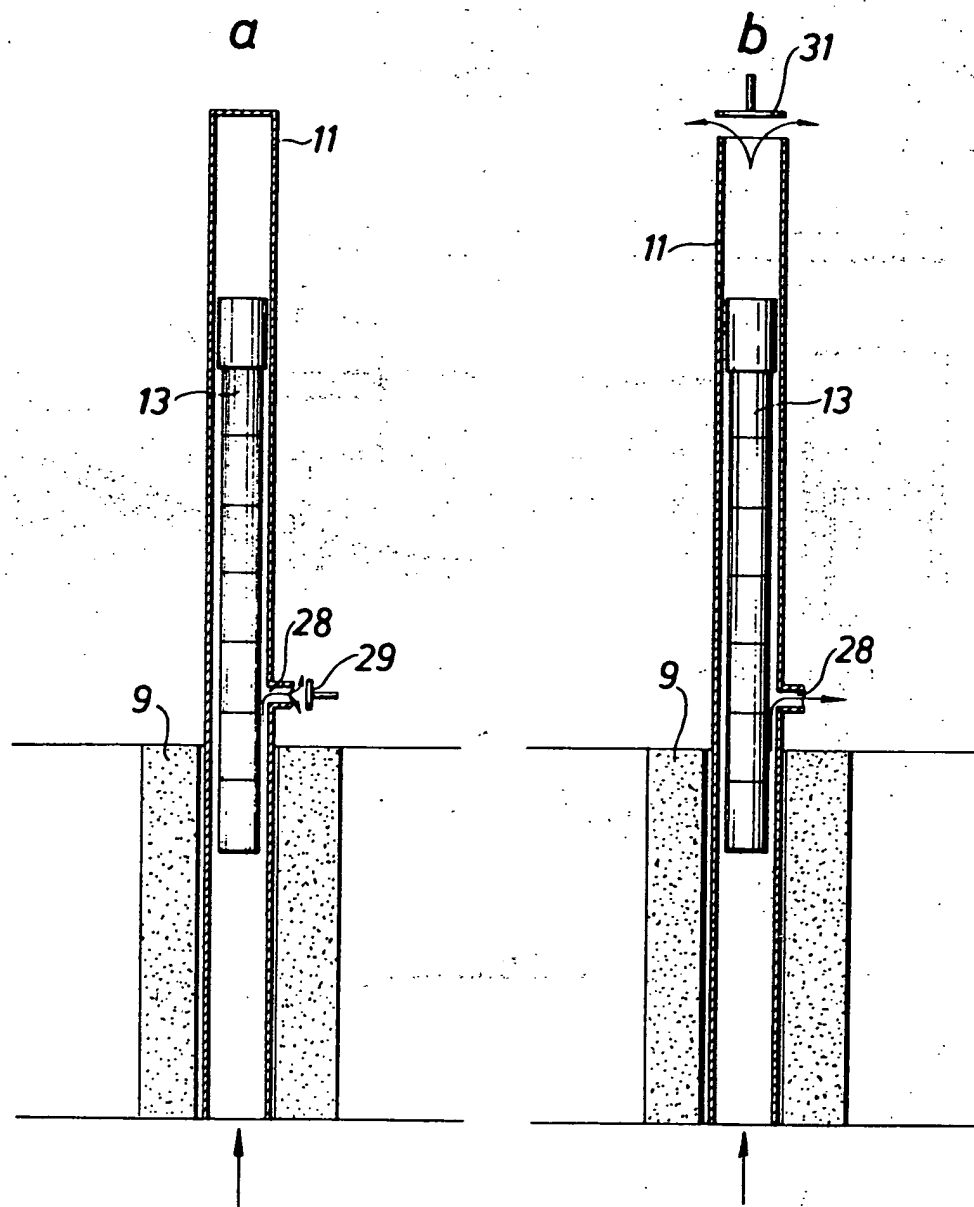
über das obere Ende des unteren Abschnittes (11a) von oben bewegt werden kann.

4. Kernreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohr (11) etwa in seiner Mitte in geeigneter Weise über dem Reaktorcore mit einem Auslaßdurchgang (28) mit einer steuerbaren Eindämmung (29) versehen ist zur Einstellung der Position des Körpers (13) im Rohr (11).
5. Kernreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohr (11) mit einem Auslaßdurchgang mit einer variablen Eindämmung (31) am oberen Ende versehen ist.
6. Kernreaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohr (11) am unteren Ende mit einem Einlaßdurchgang mit einer variablen Eindämmung (47) versehen ist.
7. Kernreaktor nach einem der Ansprüche 4 bis 6, bei dem das Rohr (11) eine Mehrzahl von Neutronen absorbierenden Körpern (13) aufweist und an seinem oberen Ende geschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, daß einer (13a) der Körper derart vergrößert ist, daß er der Bewegung der Körper im Rohr eine Bremswirkung mitteilt.

8. Kernreaktor nach einem der Ansprüche 2 bis 7, gekennzeichnet durch eine Klinken- oder Anschlagereinrichtung (50), die am oberen Ende des oberen Abschnittes (11b) angeordnet ist, durch welche der Neutronenabsorbierenden Körper aufweisende obere Abschnitt entfernt werden kann, während er den Körper aufweist.

-16-

Fig. 3



109823/1116

Fig. 2 -15-

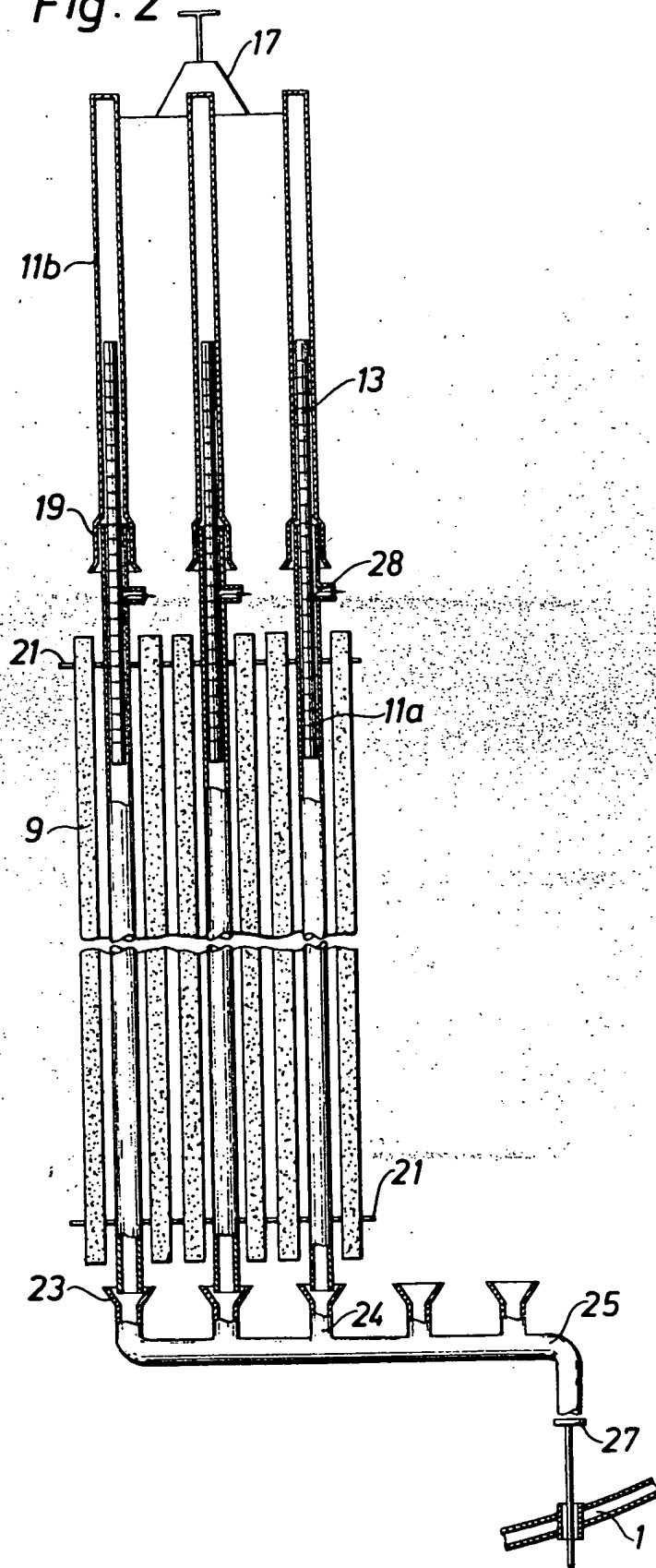


Fig. 4 - A.

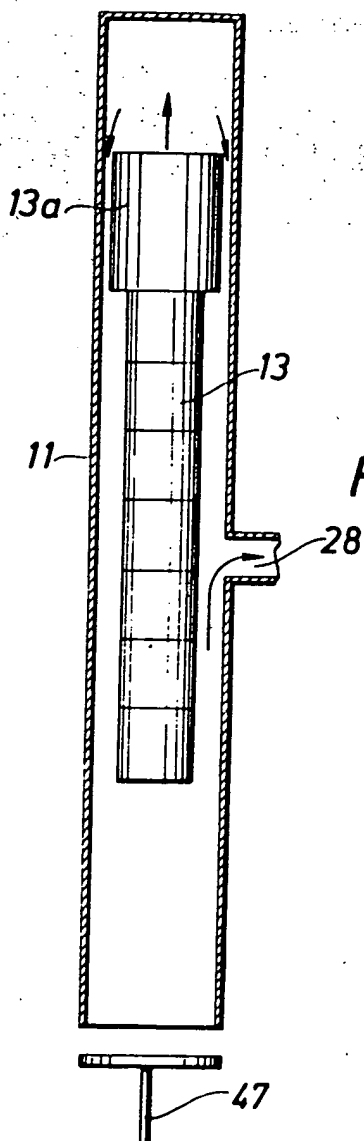
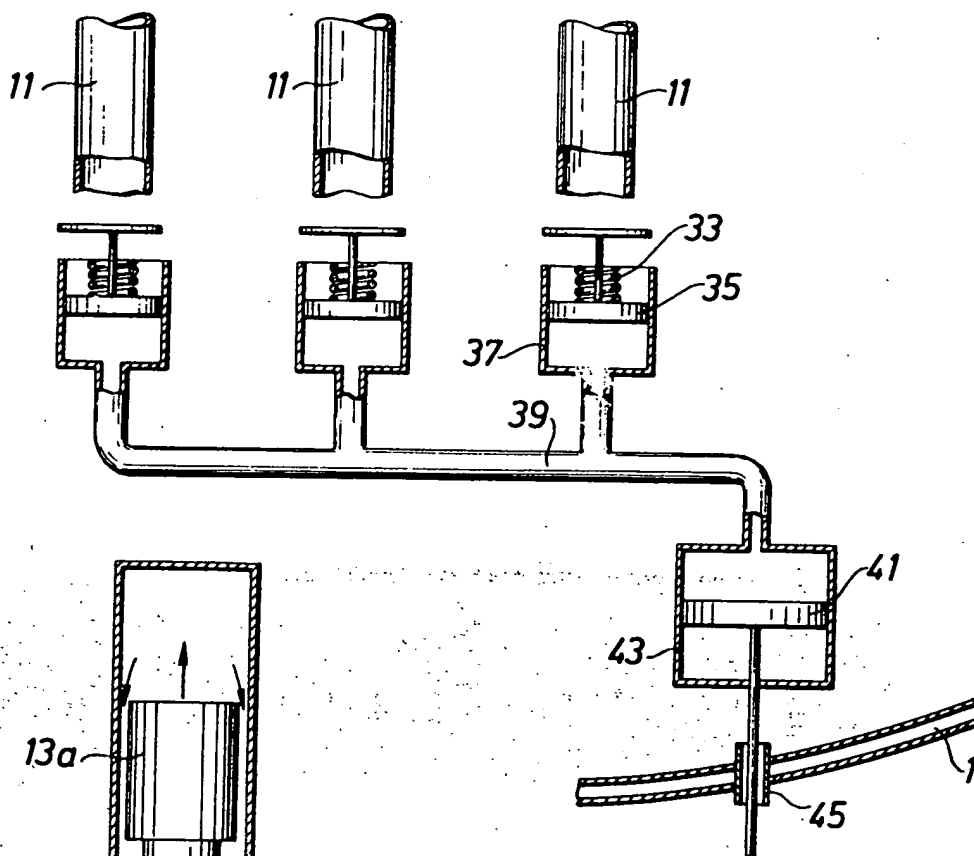
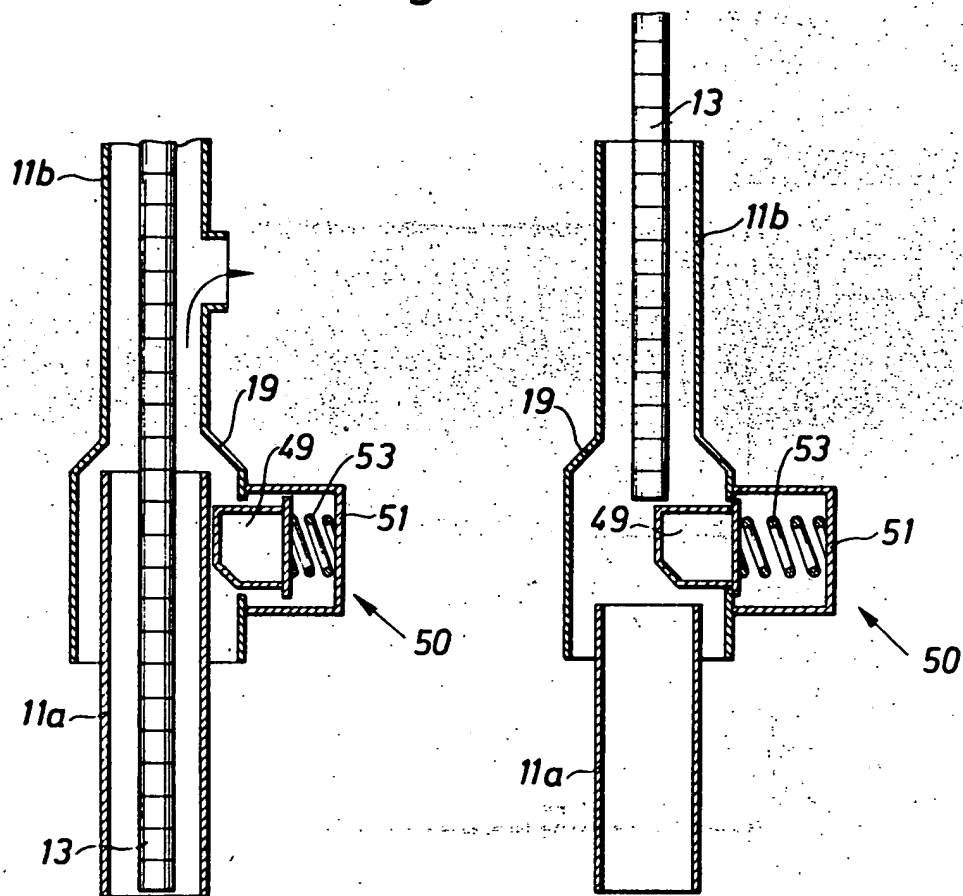


Fig. 5

-18-

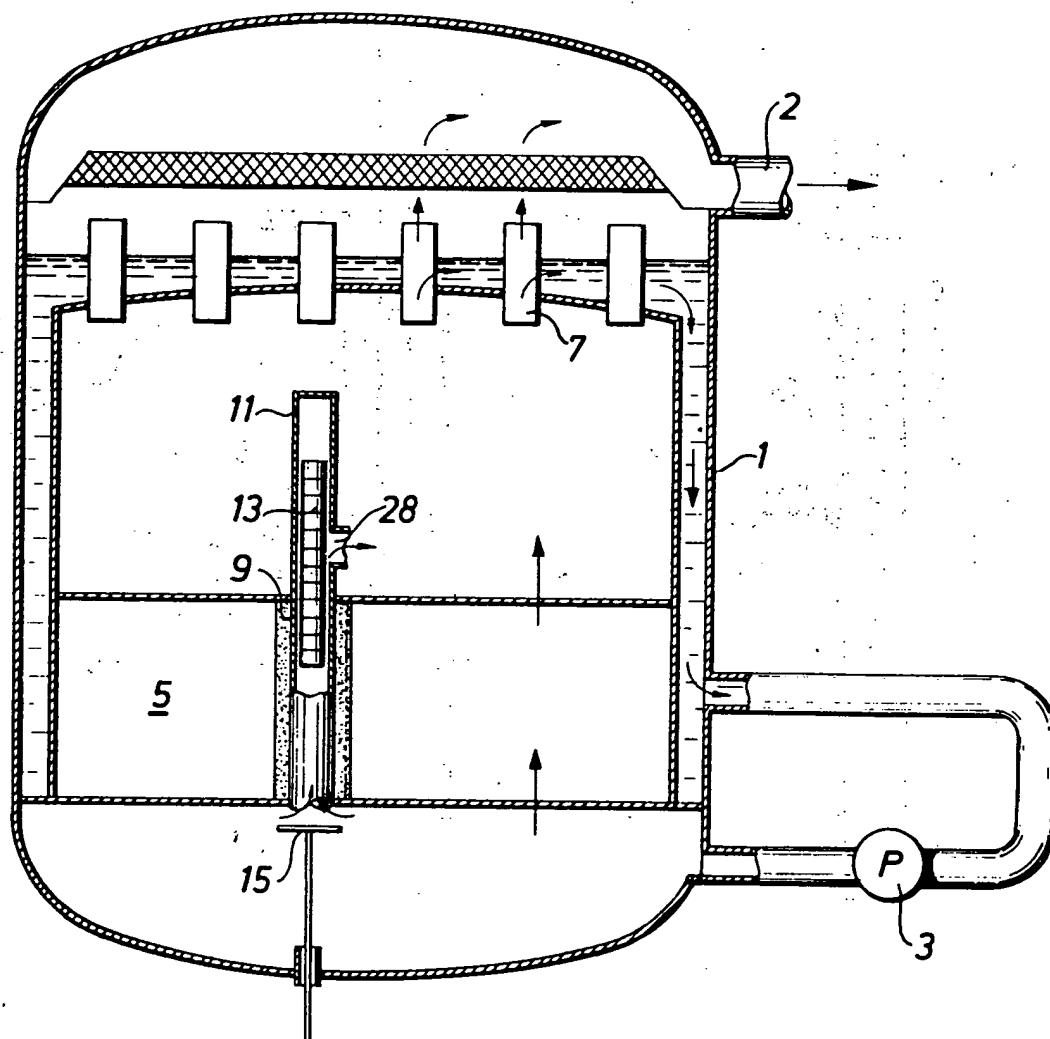
Fig. 6



21 g 21-31 AT: 25.09.1970 OT: 03.06.1971

-19-

Fig. 1



109823/1116